



L'énergie dans les écoquartiers : quels systèmes énergétiques et quels acteurs ? Une comparaison France - Europe

Philippe Menanteau, Odile Blanchard

► To cite this version:

Philippe Menanteau, Odile Blanchard. L'énergie dans les écoquartiers : quels systèmes énergétiques et quels acteurs ? Une comparaison France - Europe. 2013. halshs-00846117

HAL Id: halshs-00846117

<https://shs.hal.science/halshs-00846117>

Preprint submitted on 18 Jul 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**ÉCONOMIE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE
ET DE L'ÉNERGIE**

L'énergie dans les écoquartiers : quels systèmes énergétiques et quels acteurs ? Une comparaison France - Europe

**Philippe Menanteau
Odile Blanchard**

février 2013

Cahier de recherche EDDEN n° 5/2013



UMR PACTE - pôle EDDEN
BP 47 - 38040 Grenoble CEDEX 9 - France
1221 rue des Résidences - 38400 Saint Martin d'Hères
Tél.: + 33 (0)4 76 82 56 92 - Télécopie : + 33 (0)4 56 52 85 71
<http://edden.upmf-grenoble.fr>



L'énergie dans les écoquartiers : quels systèmes énergétiques et quels acteurs ?

Une comparaison France - Europe

*Philippe Menanteau,
Odile Blanchard*

CNRS, PACTE, EDDEN, UPMF, Grenoble

Février 2013

Introduction

Dans un contexte de renchérissement des ressources énergétiques, de renforcement de la menace climatique et des impacts environnementaux associés aux consommations d'énergie, la nécessité de développer des villes plus durables d'un point de vue social, environnemental et énergétique s'impose. Depuis une vingtaine d'années, de nombreuses villes ont vu naître des « écoquartiers » visant à explorer les voies possibles pour relever ces défis. Pourtant, peu d'études ont été menées pour analyser les expériences d'écoquartiers du point de vue énergétique. Ce papier vise précisément à combler ce vide, en s'attachant à la fois à analyser les systèmes énergétiques mis en place, les acteurs en présence, les objectifs fixés et les résultats obtenus¹.

Les écoquartiers étudiés se situent en Europe, avec une focalisation particulière sur les projets français. Les deux questions auxquelles nous tentons de répondre sont les suivantes :

- Les choix effectués sur les systèmes énergétiques des écoquartiers français présentent-ils des caractéristiques spécifiques et des différences significatives avec ceux des écoquartiers européens ?
- Voit-on une trajectoire d'évolution des écoquartiers au fil des décennies, de projets expérimentaux dans la décennie 1990 vers des opérations aujourd'hui standardisées qui pourraient préfigurer les villes de 2020 ?

¹ Cette publication mobilise des résultats du projet de recherche « Ecoquartier NEXUS Energie », cofinancé par l'ADEME et mené par le laboratoire PACTE UMR5194 (coordonnateur Gilles Debizet), la Structure Fédérative de Recherche INNOVACS, EDDEN, l'INES (CEA) et Grenoble Ecole de Management. <http://www.nexus-energy.fr/>

Le papier est articulé autour de trois parties. La première expose la méthodologie mise en œuvre pour choisir les écoquartiers et les critères de comparaison des projets. La suivante présente les différences ou similitudes entre écoquartiers européens d’une part, français de l’autre. La troisième procède au croisement de quelques critères pour mettre à jour quelques caractéristiques différenciant nettement les écoquartiers européens des français, ou pour pointer l’existence de certaines corrélations. La conclusion tente de répondre aux questions initiales.

Méthodologie : sélection d’écoquartiers et identification de critères

Nous mentionnons ici les principaux éléments de la méthodologie mise en œuvre pour effectuer une première comparaison entre des réalisations d’écoquartiers, en France et dans différents pays européens.

Les écoquartiers retenus (15 européens, dont 7 français) ont été sélectionnés de façon à présenter une certaine diversité, du point de vue des caractéristiques socio-techniques (Tableau 1).

Tableau 1: liste des écoquartiers étudiés

Noms	Villes	Pays	Abréviations
Bedzed	Londres	Angleterre	<i>Bedze</i>
Hammarby Sjöstad	Stockholm	Suède	<i>Hamma</i>
Kronsberg	Hanovre	Allemagne	<i>Krons</i>
Royal Seaport	Stockholm	Suède	<i>Royal</i>
Vauban	Fribourg	Allemagne	<i>Vauba</i>
Bo01 Västra Hamnen	Malmö	Suède	<i>Malmo</i>
Scharnhäuser Park	Ostfildern	Allemagne	<i>Schar</i>
Lanxmeer	Culemborg	Pays-Bas	<i>Lanxm</i>
Ginko	Bordeaux	France	<i>Borde</i>
Saint Jean-des-Jardins	Chalon s/ Saône	France	<i>Chalo</i>
De Bonne	Grenoble	France	<i>Greno</i>
Lyon Confluence	Lyon	France	<i>Lyon</i>
Grand Cœur	Nancy	France	<i>Nancy</i>
Plateau de Haye	Nancy	France	<i>Plate</i>
Boule Sainte Geneviève	Nanterre	France	<i>Nanter</i>

Les 24 critères utilisés pour décrire les écoquartiers relèvent de 5 catégories (Tableau 2). La principale (offre d’énergie) concerne les modes de production et d’approvisionnement en énergie

des écoquartiers, mais d'autres critères permettent de préciser la nature du projet (date de mise en œuvre, taille, type de projet, ie construction neuve, réhabilitation, etc.), le type de gouvernance (implication des collectivités publiques, participation des résidents), l'ambition des objectifs poursuivis et la nature des options techniques mises en œuvre (approches innovantes, diversification versus standardisation des options techniques, etc).

Tableau 2: les familles de critères

	Critères	Définitions
Caractéristiques		
1	Date début	Cette catégorie représente la carte d'identité de l'écoquartier (date, taille, densité, nombre de niveaux, nature). Elle permet de représenter l'écoquartier autrement que par une approche socio-énergétique et de justifier certains aspects socio-énergétiques de l'écoquartier.
2	Taille	
3	Densité	
4	Niveaux	
5	Nature	
Offre d'énergie		
6	Chaleur : décentralisé	Il s'agit dans cette partie d'analyser la provenance des apports énergétiques (chaleur et électricité) de l'écoquartier. Il convient également de qualifier la nature de l'énergie (renouvelable ou fossile).
7	Chaleur : autonomie (production)	
8	Chaleur: autonomie (source)	
9	Chaleur : EnR	
10	Electricité : décentralisé	
11	Electricité : autonomie (production)	
12	Electricité : autonomie (source)	
13	Electricité : EnR	
Gouvernance		
14	Implication collectivité locale	On s'intéresse aux aspects sociaux et politiques qui ont permis la construction de l'écoquartier, en déterminant les différents acteurs (privés, publics, citoyens) mis en jeu dans la conception de l'écoquartier, ainsi que leurs relations.
15	Participation résidents conception	
16	Qualité gouvernance	
Objectifs		
17	Objectifs CO2/EnR	On évalue par là le degré d'ambition des objectifs (émission de gaz à effet de serre et consommation d'énergie) ainsi que la présence d'un suivi de l'écoquartier pour garantir une bonne conformité entre objectifs et résultats.
18	Objectifs énergie	
19	Evaluation	
Options techniques		
20	Bioclimatisme	Cette catégorie réunit les principaux outils ainsi que leur nature qui permettent la mise en œuvre et le fonctionnement de l'écoquartier. On peut voir se dégager les axes privilégiés suivant lesquels un écoquartier a été conçu.
21	Innovation	
22	Standardisation	
23	Comportements	
24	Maîtrise de la demande d'électricité	

Chaque critère est positionné sur une échelle de notation allant de 1 à 5 de façon à autoriser les comparaisons entre expériences et tenter de faire apparaître des différences ou des similitudes. Le tableau de synthèse des notes attribuées aux écoquartiers étudiés figure en annexe 1.

Les caractéristiques générales

Pour les critères « date », « taille », « densité » et « niveaux », les cas étudiés ont été positionnés sur un axe puis les valeurs ont été normées de façon à obtenir un classement de 1 à 5. En revanche, pour le critère « nature » on a utilisé une échelle de quantification absolue (Tableau 3).

Tableau 3: les caractéristiques générales²

Critères	Définitions	Quantifications
Date début	Date à laquelle les travaux sur l'EQ ont commencé (réalisation, aménagement)	Echelle 1 (ancien) à 5 (récent)
Taille	Caractérisation de la taille du projet : superficie totale	Echelle 1 (petite taille) à 5 (grande taille)
Densité	Nombre d'habitants par hectare	Echelle 1 (faible densité) à 5 (forte densité)
Niveaux	Nombre d'étages des constructions. Caractérise la hauteur des bâtiments	Echelle 1 (constructions basses) à 5 (constructions élevées)
Nature	Opération sur quartier existant avec réhabilitation ou construction neuve (après destruction éventuellement)	Echelle 1 (quartier existant réhabilité, rénové) 2 (plus de rénovation que de neuf) 3 (moitié neuf - moitié ancien) 4 (plus de neuf que d'ancien) 4,5 (ancien quartier démoli) à 5 (nouveau quartier)

Les écoquartiers étudiés ont été réalisés sur une période étendue qui va du début des années 1990 à l'année 2010, le plus ancien de l'échantillon étant Hammarby (1994) et les plus récents, Royal Seaport et Nancy Grand Cœur (2010). Leur taille varie beaucoup entre Bedzed, le plus petit avec seulement 1,7 ha et Nancy Plateau de Haye le plus grand avec 440 ha.

L'information sur la superficie est complétée par la notion de densité (nombre d'habitants à l'hectare) qui permet d'estimer la contrainte d'occupation des sols à laquelle était soumis le projet d'aménagement (de 33 hab/ha pour Lanxmeer à 300 hab/ha pour Nanterre) ainsi que par le critère "niveaux" qui donne une information sur le nombre moyen d'étages des bâtiments. L'écoquartier Bedzed est plutôt constitué de logements collectifs de faible hauteur (2-3 niveaux) tandis que l'écoquartier de Lyon regroupe principalement des bâtiments de grande hauteur (9 niveaux).

Enfin le critère nature désigne le type de constructions selon qu'il s'agit de bâtiments neufs ou de réhabilitation du parc existant.

² EQ = écoquartier

L'approvisionnement énergétique

Dans cette catégorie, les critères caractérisent les systèmes énergétiques des écoquartiers du point de vue de la production et de la distribution d'énergie (électricité et chaleur). Les systèmes de distribution d'énergie sont positionnés sur un axe centralisé versus décentralisé, et la production d'énergie est appréciée selon son degré d'autonomie. Enfin les sources d'énergie sont classées selon qu'elles sont d'origine renouvelable ou fossile.

Les notes sont croissantes à mesure que le degré de décentralisation du système énergétique augmente (Tableau 4). Ainsi, si le dispositif de chauffage des bâtiments s'appuie sur le réseau de chaleur de la ville, il est plutôt centralisé alors qu'il est considéré comme décentralisé si la chaleur est produite par des chaufferies gaz en pied d'immeuble. Pour l'électricité, l'approvisionnement par le réseau électrique correspond à une situation centralisée et la production locale (type photovoltaïque ou petite cogénération) à une situation décentralisée.

Tableau 4: L'offre d'énergie

Critères	Définitions	Quantifications
Chaleur : décentralisé	Type d'option technique mise en œuvre pour l'approvisionnement énergétique (chaleur) : production centralisée de chaleur (chaufferie ou incinération de déchets) ou semi-centralisée (chaufferie locale) ou décentralisée (chaudières ou cogénération par îlots) ou distribuée (dispositifs individuels ou en pied d'immeuble)	Echelle 1 (chauffage urbain) 2 (chaufferie centralisée EQ) 3 (chaufferie par îlot) 4 (chaudières en pied d'immeuble) 5 (chaudières individuelles)
Chaleur : autonomie (production)	Type d'option technique pour l'approvisionnement énergétique (chaleur) : à qui appartient le moyen de production (système intégré au réseau existant ou propre à l'EQ)?	Echelle 1 (0% production EQ) 2 (25% production EQ) 3 (50% production EQ) 4 (75% production EQ) 5 (100% production EQ)
Chaleur: autonomie (source)	Type d'option technique pour l'approvisionnement énergétique (chaleur) : d'où vient la source de chaleur?	Echelle 1 (0% source EQ) 2 (25% source EQ) 3 (50% source EQ) 4 (75% source EQ) 5 (100% source EQ)
Chaleur : EnR	Nature des sources utilisées pour la production de chaleur (chauffage + ECS) (fossiles ou renouvelables)	Echelle 1 (0 % EnR) 2 (25% EnR) 3 (50% EnR) 4 (75% EnR) à 5 (100 % EnR)
Electricité : décentralisé	Type d'option technique mise en œuvre pour la production d'électricité : production centralisée (raccordement au réseau) ou décentralisée (cogénération par îlots) ou distribuée (PV individuel, petite cogénération)	Echelle 1 (réseau électrique) 2 (production par l'EQ) 3 (production par îlot) 4 (production en pied d'immeuble) 5 (production individuelle)
Electricité : autonomie (production)	Type d'option technique pour l'approvisionnement énergétique (électricité) : système raccordé au réseau existant ou propre à l'EQ	Echelle 1 (0% production EQ) 2 (25% production EQ) 3 (50% production EQ) 4 (75% production EQ) 5 (100% production EQ)
Electricité : autonomie (source)	Type d'option technique pour l'approvisionnement énergétique (électricité) : à qui appartient la source d'alimentation en électricité ?	Echelle 1 (0% source EQ) 2 (25% source EQ) 3 (50% source EQ) 4 (75% source EQ) 5 (100% source EQ)
Electricité : EnR	Nature des sources utilisées pour la production d'électricité (fossiles ou renouvelables).	Echelle 1 (0 % EnR) 2 (25% EnR) 3 (50% EnR) 4 (75% EnR) à 5 (100 % EnR)

Ces définitions de décentralisation et d'autonomie (chaleur ou électricité) peuvent être élargies. On accorde une note plus élevée, en référence à un système centralisé "pur", lorsque le dispositif de

production de chaleur ou d'électricité a été conçu spécifiquement pour l'écoquartier même s'il est situé hors du périmètre de l'écoquartier. Ainsi, la note est augmentée lorsqu'il existe un dispositif décentralisé local qui complète le système de distribution de la chaleur en réseau et on considère qu'une éolienne construite à proximité de l'écoquartier et qui l'alimente en priorité agit en faveur de l'autonomie de l'écoquartier (idem s'il existe un système de stockage ou de vente de chaleur produite).

La gouvernance

Après différentes tentatives, nous n'avons finalement retenu dans cette catégorie que trois critères liés à l'implication des acteurs (acteurs publics et futurs résidents) dans le processus d'élaboration du projet et au retour d'expérience sur ce processus (Tableau 5). Les critères plus pointus ont été abandonnés en raison des difficultés d'accès à l'information.

Tableau 5: les critères de gouvernance

Critères	Définitions	Quantifications
Implication collectivité locale	Place de la collectivité locale parmi les acteurs majeurs du projet	Echelle 1 (faible implication de la collectivité) à 5 (très forte implication de la collectivité)
Participation résidents conception	Qualification du processus de décision pour la conception de l'EQ : processus descendant (la ville ou un acteur lié à la ville décide) ou ascendant (les futurs habitants sont étroitement associés au processus de décision)	Echelle 1 (décision entièrement prise en charge par la municipalité) 3 (concertation organisée) à 5 (très forte implication des habitants)
Qualité gouvernance	Qualification du processus de gouvernance : concertation, coordination, harmonie entre acteurs versus non-concertation, conflits, ...	Echelle 1 (désaccords - conflits) 3 (neutre) à 5 (coordination - harmonie- structure mise en place)

Le premier critère qualifie le degré d'implication de la collectivité locale dans le processus d'élaboration de l'écoquartier. Dans certains cas, celui-ci est faible comme à Bedzed où le projet a été, en grande partie, porté par Bill Dunster Architects, Peabody trust et l'ONG environnementaliste BioRegional Development Group. A Lyon, la collectivité locale est présente au travers de la SEM Lyon Confluence présidée par le maire de Lyon, qui est également président du Grand Lyon, et assume de ce fait les rôles de maîtrise d'œuvre et de maîtrise d'ouvrage.

La participation active des résidents à l'élaboration du projet est également un élément important d'appréciation de la gouvernance. A Hammarby par exemple, le projet d'écoquartier est porté par le

pouvoir politique sans que les futurs résidents participent à la conception, alors qu'à Vauban, le Forum Vauban, créé par les citoyens, a participé à l'élaboration du quartier tout au long de la création du quartier.

Enfin, le critère de qualité de la gouvernance tente d'estimer au travers des informations rapportées dans la littérature le degré d'harmonie entre les acteurs à l'origine de l'écoquartier. A Hammarby, par exemple, les documents consultés font état de nombreux conflits apparus au cours de la construction avec pour conséquence la modification de certaines règles ou cahiers des charges en cours de route.

Les objectifs

On distingue deux catégories d'objectifs pour tenir compte de stratégies différenciées visant plutôt la préservation du climat ou l'efficacité énergétique (Tableau 6). Le critère CO2 ne désigne pas uniquement les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) mais également la valorisation des sources d'énergie renouvelable et de façon plus large la transformation du mix énergétique dans le but de limiter les émissions. Le critère énergie, lui, désigne exclusivement les objectifs visant à réduire les consommations d'énergie.

Tableau 6: les critères relatifs aux objectifs poursuivis

Critères	Définitions	Quantifications
Objectifs CO2/EnR	Existence et ambition des objectifs climatiques (réduction des émissions de CO2 par rapport à une référence année 0 et investissement dans les EnR), au regard des normes existantes et des réductions des GES fixées	Echelle 1 (absence d'objectifs) à 5 (objectifs très ambitieux de réduction d'émissions et développement EnR)
Objectifs énergie	Degré d'ambition des objectifs énergétiques retenus.	Echelle 1 (faible niveau de performance) à 5 (performance énergétique très élevée)
Evaluation	Procédure de suivi et d'évaluation destinée à vérifier que les objectifs sont atteints.	Echelle 1 (absence de suivi après livraison) 3 (évaluation ex post mais pas de suivi régulier) à 5 (calendrier pour suivi des performances)

Le niveau d'ambition des objectifs (en matière de réduction des émissions de GES notamment) peut varier selon l'époque à laquelle les écoquartiers ont été réalisés. Dans l'appréciation des objectifs, il en a été tenu compte. Ainsi Kronsberg s'est fixé un objectif très ambitieux de réduction de ses émissions de GES (-60 à -80 % par rapport au niveau initial) et de ses consommations unitaires

d'énergie (définition d'une « norme Kronsberg » à atteindre de 50kWh /m2). Le critère évaluation complète les deux critères précédents, en intégrant l'existence ou non d'un dispositif d'évaluation ex-post et la pérennité de ce processus. A Malmö, par exemple, aucun dispositif spécifique n'a été mis au point afin de contrôler les performances énergétiques des logements. A Scharnhäuser Park et Royal Seaport, un système de suivi des consommations via internet est mis en place.

Les options techniques

Cette famille de critères a pour objet de préciser la nature des options technologiques mobilisées dans l'écoquartier (Tableau 7).

Tableau 7: les critères sur la technologie

Critères	Définitions	Quantifications
Bioclimatisme	La conception architecturale de l'EQ intègre-t-elle la dimension énergétique ? Exemple, prise en compte de la forme urbaine pour apports bio climatiques (positionnement, ombrages, végétation, ...)	Echelle 1 (approche bâtiment) à 5 (approche globale)
Innovation	Les solutions techniques retenues s'appuient-elles sur des options éprouvées ou innovantes ? Quelle est la prise de risque réelle sur les technologies mises en œuvre ? Le caractère innovant est à estimer par rapport à un critère de diffusion de la technologie au moment de la construction de l'EQ	Echelle 1 (le cœur de l'approvisionnement énergétique s'appuie sur des technologies éprouvées) à 5 (technologies très innovantes)
Standardisation	Recherche d'une solution efficace généralisée à l'ensemble des bâtiments ou vitrine technologique avec diversité importante (y compris effet de vitrine ou opérations de démonstration)	Echelle 1 (forte diversité de technologies) à 5 (faible diversité - solution technique généralisée)
Comportements	Il s'agit ici de qualifier le projet selon qu'il prend ou non en compte la variable comportementale : information, campagnes de sensibilisation, incitations au changement des comportements des habitants	Echelle 1 (l'efficacité énergétique résulte uniquement de technologies performantes) à 5 (les comportements des résidents sont aussi considérés comme une variable déterminante)
Maîtrise de la demande d'électricité	Existence d'actions spécifiques pour la maîtrise des consommations d'électricité : compteurs électriques - signal tarifaire - actions de MDE (incitation d'achats)	Echelle 1 (pas d'action sur la maîtrise des consommations d'électricité) 3 (actions d'incitation sur équipements performants) à 5 (information des consommateurs par compteurs - signal tarifaire)

La note attribuée au critère bioclimatisme tient compte de la volonté d'utilisation des apports naturels (apports solaires, protections contre les vents dominants, ...) à l'échelle du bâtiment mais également de manière plus globale au niveau de l'écoquartier. Ainsi, à Kronsberg, la plupart des bâtiments suivent les courbes de niveaux du site sur lequel est implanté l'écoquartier, ce qui permet de tirer le meilleur parti de la lumière naturelle en début et en fin de journée.

Avec le critère innovation, on identifie les approches innovantes ou emblématiques (utilisation des principes bioclimatiques, programmes spécifiques de maîtrise des consommations d'électricité,

etc.). Comme pour les objectifs en matière de réduction des émissions, le caractère innovant ou non d'une technologie dépend toutefois de l'époque à laquelle l'écoquartier a été construit. Ainsi, une petite cogénération en pied d'immeuble était innovante au début des années 90 mais l'est moins au milieu des années 2000.

La standardisation qualifie la stratégie d'innovation poursuivie sur l'écoquartier, selon que les concepteurs adoptent une démarche d'expérimentation avec une diversité technologique importante ou au contraire cherchent à standardiser les technologies utilisées pour une plus grande efficacité. A Vauban, par exemple, le système énergétique est très diversifié : maisons passives, maisons positives, cogénération, solaire et PV alors que Bedzed est entièrement alimenté par une chaudière au gaz naturel.

Outre l'innovation technologique, les écoquartiers accordent une importance plus ou moins grande à la transformation des comportements pour la réalisation des objectifs de performance énergétique. Ainsi à Hammarby, 20% des objectifs environnementaux devraient être atteints grâce à l'adoption de comportements de sobriété de la part des résidents.

Enfin, le critère de maîtrise de la demande d'électricité apprécie la place des actions destinées à réduire les consommations d'électricité spécifique (éclairage, électroménager, etc.) et plus généralement l'intérêt accordé aux consommations d'électricité par rapport aux consommations d'énergie de chauffage. Royal Seaport est intéressant de ce point de vue : du matériel spécifique est mis en place pour suivre en temps réel la consommation électrique des résidents et des signaux tarifaires sont envoyés pour inciter les résidents à moduler leur consommation.

Comparaison des écoquartiers européens et français

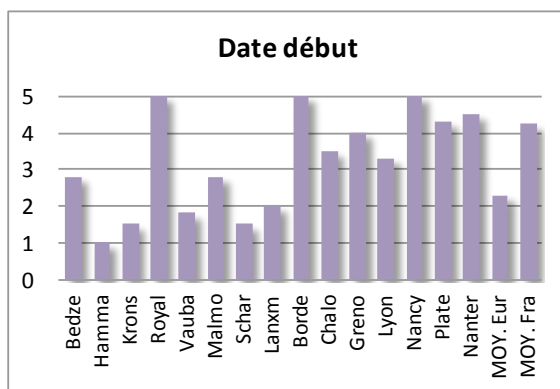
Les critères présentés ci-dessus et leur quantification (tableau en annexe 1) permettent d'effectuer une comparaison des écoquartiers à partir de diagrammes qui font apparaître les aspects communs à la plupart des écoquartiers ou, au contraire, les différences les plus significatives. Seuls les

diagrammes qui nous paraissent les plus pertinents figurent ci-après. On s'attachera, en particulier, aux écarts observés entre les écoquartiers européens et les écoquartiers français. Par convention on désignera par écoquartiers européens tous ceux qui ne sont pas situés dans des villes françaises.

Caractéristiques générales

Le critère intéressant porte sur la date de construction des écoquartiers : les écoquartiers français sont de façon générale plus récents que les écoquartiers européens (figure 1). Cette distinction est importante et pourra expliquer une partie des différences observées sur les autres critères. Par ailleurs, plusieurs écoquartiers sont encore au stade de la réalisation, la construction ayant tout juste débuté (Bordeaux, Nancy Grand Coeur, Nanterre, Royal Seaport).

Figure 1: comparaison des dates de construction

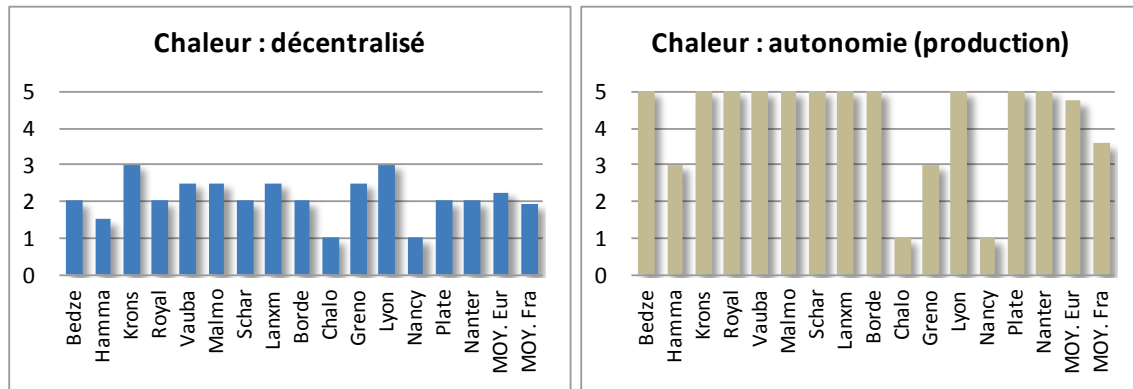


Offre d'énergie (chaleur)

La plupart des écoquartiers se situent autour de 2 sur le critère de décentralisation de la chaleur, ce qui correspond à un schéma de production/distribution de chaleur basé sur un réseau spécifique à l'écoquartier alimenté par une chaufferie autonome. Pour la France, on observe une diversité plus grande avec des écoquartiers alimentés directement par le réseau existant (Chalon, Nancy) ou des configurations associant réseau de chaleur et chaufferies en pied d'immeuble (Grenoble, Lyon). Les écoquartiers européens sont presque tous autonomes pour la production de chaleur (ils disposent de

leurs propres systèmes de production), alors que ce n'est qu'en partie le cas pour les écoquartiers français (figure 2).

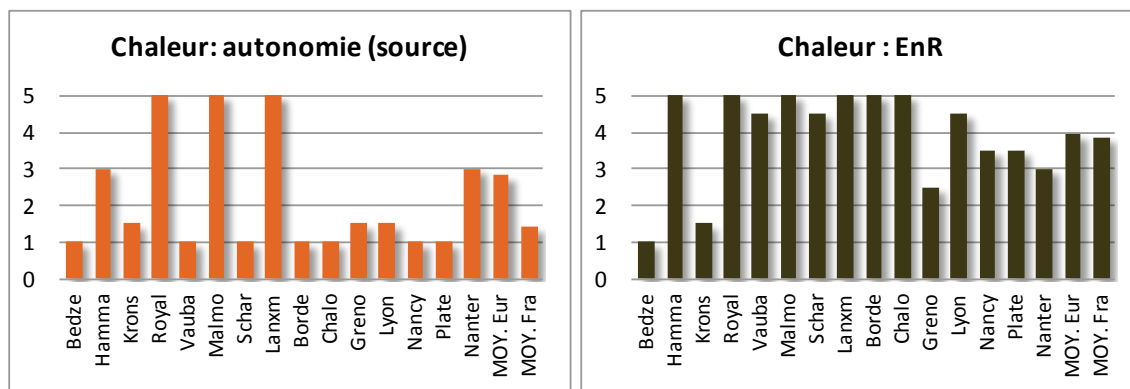
Figure 2 : degré de décentralisation et d'autonomie dans la production de chaleur



Si la majorité des écoquartiers utilisent des sources d'énergie provenant de l'extérieur, certains sont autonomes pour leur approvisionnement en chaleur. C'est le cas de Royal Seaport, Malmö, Lanxmeer. En France, Nanterre présente un degré d'autonomie pour la proportion de chaleur plus élevée que la moyenne (géothermie), mais cette configuration reste exceptionnelle.

A l'exception de Bedzed et Kronsberg, les écoquartiers européens utilisent exclusivement des sources d'énergie renouvelable pour la production de chaleur. Seule une partie des écoquartiers français sont dans ce cas, la majorité associant sources fossiles et renouvelables (figure 3).

Figure 3 : part des sources internes à l'écoquartier et part des renouvelables dans la production de chaleur

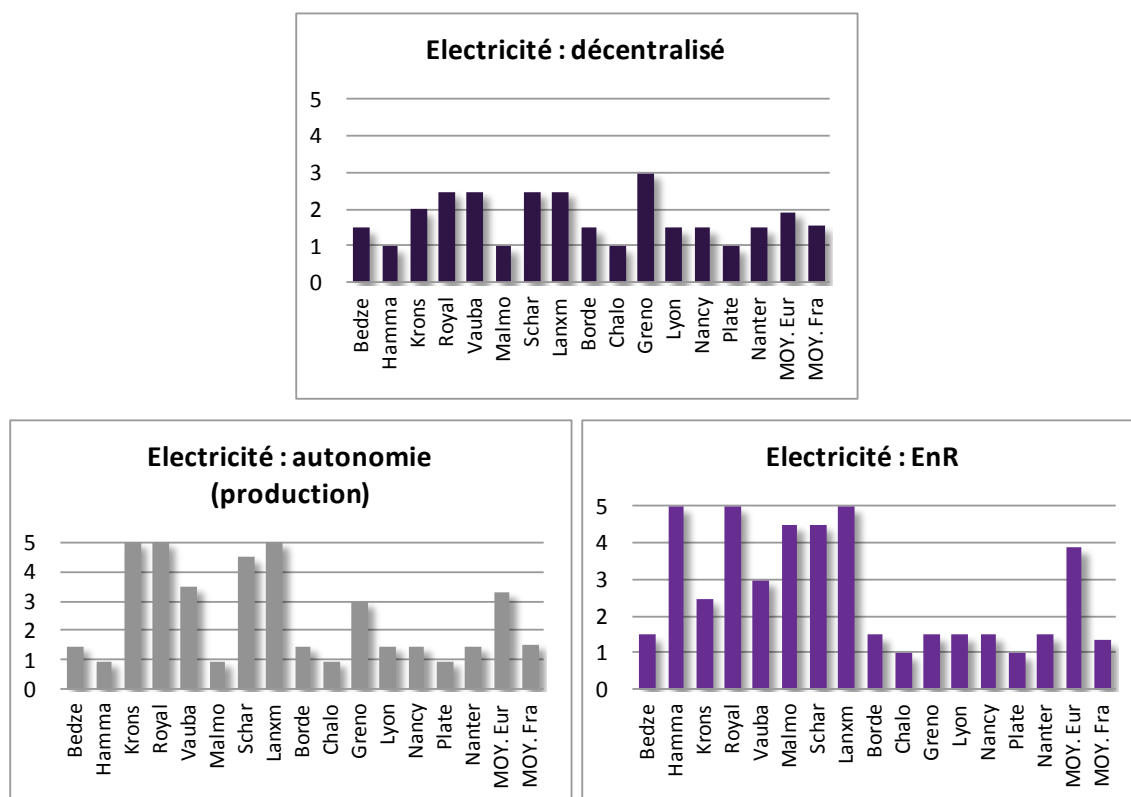


Offre d'énergie (électricité)

Dans tous les écoquartiers, la production d'électricité provient en majorité d'un réseau, d'où un faible niveau de décentralisation. Toutefois, plusieurs écoquartiers européens sont autonomes ou proches de l'autonomie (Kronsberg, Royal Seaport, Lanxmeer) alors qu'aucun écoquartier français ne l'est, sauf Grenoble dans une certaine mesure. Les principaux dispositifs techniques utilisés sont des cogénérations (à partir des déchets ou du bois), des panneaux photovoltaïques et des éoliennes.

L'écart est marqué aussi sur le critère des sources d'énergie renouvelable pour la production d'électricité. Si, pour la plupart des écoquartiers européens, l'électricité est produite en partie ou en totalité par des sources d'origine renouvelable, c'est loin d'être le cas en France (figure 4). On notera qu'une note maximale sur le critère ENR ne signifie pas que l'électricité est produite en totalité dans l'écoquartier par des sources renouvelables ; pour Hammarby par exemple, l'électricité est produite en cogénération à partir de biomasse (dont déchets), mais à l'échelle de la ville. L'écoquartier est donc alimenté en électricité renouvelable mais il n'est pas autonome. Pour Lanxmeer et Royal Seaport en revanche, l'électricité est produite en totalité à partir de sources renouvelables à l'échelle du quartier (cogénération déchets, photovoltaïque, éolien).

Figure 4: degré de décentralisation, d'autonomie et part des renouvelables dans la production d'électricité



Gouvernance

L'identification des acteurs principaux à l'œuvre dans chaque écoquartier a été menée préalablement à la définition de critères liés à la gouvernance des écoquartiers. Un schéma synthétique a mis à jour les acteurs en présence et le type d'interactions qui prévalent (illustration en annexe 2). Les acteurs moteurs sont ceux qui ont promu et coordonné le projet activement. Ils peuvent relever soit des collectivités territoriales (élus, services internes opérationnels), soit d'associations écocitoyennes, soit de cabinets de consultants (architectes, bureaux d'études, ...). Autour de ces acteurs moteurs, s'articulent les financeurs, les « mécaniciens bâtisseurs ³ » amont et aval, les usagers et les riverains de l'écoquartier.

Le critère gouvernance fait apparaître comparativement une plus grande implication des collectivités locales en tant qu'acteurs moteurs, une plus grande participation des résidents à la

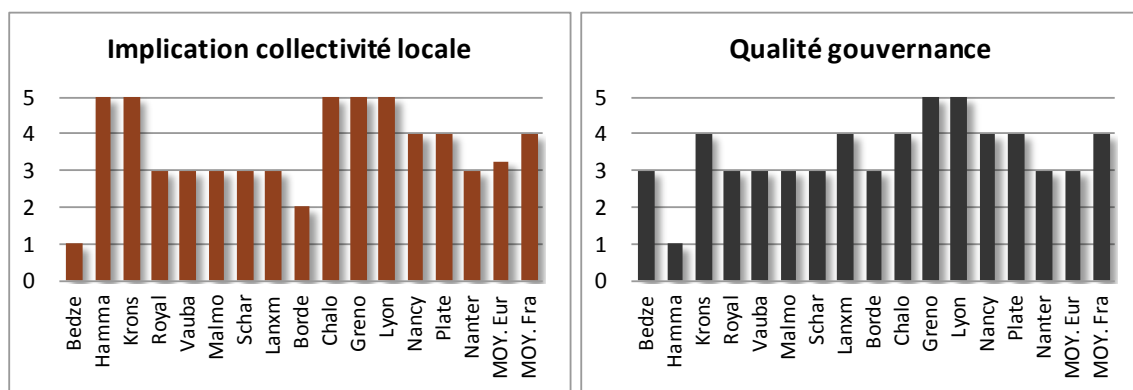
³ Expression de G. Yezé (2011)

conception des écoquartiers (non illustrée ici) et une meilleure qualité de gouvernance dans les écoquartiers français (figure 5).

On peut interpréter ce résultat en lien avec la relative jeunesse des réalisations françaises en matière d'écoquartiers, qui profiteraient du retour d'expérience des projets européens pour améliorer les relations entre les acteurs au stade de la conception, ou interagir plus nettement avec les futurs habitants.

Mais on peut également y voir un biais lié aux sources d'information utilisées ; en provenance le plus souvent des collectivités locales maîtres d'ouvrage pour les cas français, ces sources n'ont pas forcément la distance critique nécessaire, alors que les écoquartiers européens, plus anciens, ont souvent fait l'objet d'analyses indépendantes.

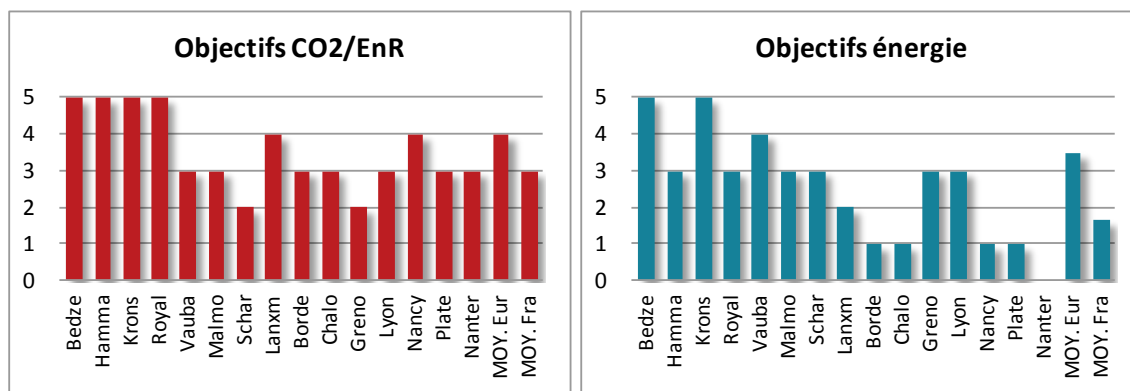
Figure 5: degré d'implication de la collectivité locale et qualité de la gouvernance des écoquartiers



Objectifs

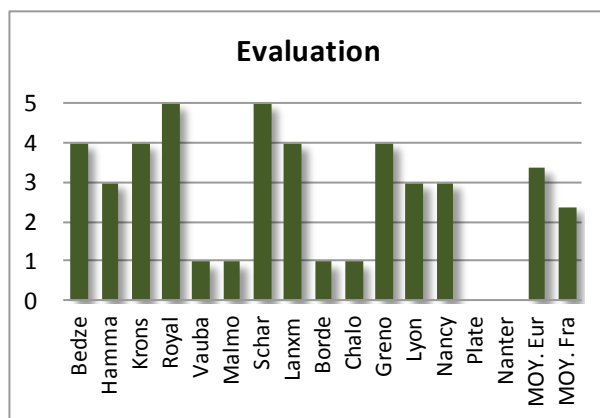
On estime ici le niveau d'ambition des objectifs affichés pour les émissions de gaz à effet de serre et la part des énergies renouvelables, ainsi que pour l'efficacité énergétique. Les écoquartiers européens se révèlent plus ambitieux que les écoquartiers français sur ces trois dimensions et l'écart est encore plus marqué sur les objectifs "énergie".

Figure 6 : ambition des objectifs de réduction des émissions et d'efficacité énergétique



Pour ce qui est de l'évaluation ex-post de la réalisation des objectifs, l'existence d'un dispositif de suivi est plus systématique dans les écoquartiers européens. En France, pour certains écoquartiers, nous n'avons trouvé aucune information sur le sujet, ce qui peut laisser supposer qu'aucune procédure d'évaluation n'a été envisagée.

Figure 7 : dispositifs d'évaluation ex-post des objectifs

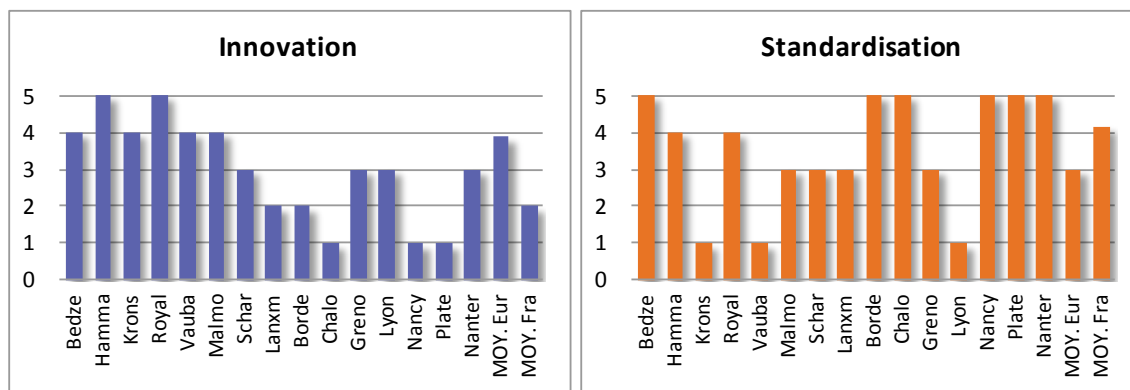


Technologies

Chaque diagramme fait apparaître des écarts entre les écoquartiers européens et français avec un caractère plus innovant pour les premiers et une volonté de standardisation plus nette pour les seconds. On voit apparaître deux types d'écoquartiers :

- en Europe, des technologies plus innovantes (graphique innovation) qui sont plus souvent diverses au sein d'un même écoquartier (graphique standardisation) mais qui sont parfois généralisées à l'ensemble de l'écoquartier (Bedzed);
- en France, un caractère innovant moins marqué et une recherche de standardisation, avec un nombre limité de technologies plus éprouvées, appliquées à l'ensemble des bâtiments.

Figure 8 : place de l'innovation dans les systèmes énergétiques



Cette observation peut être associée à la période de construction des écoquartiers ; les premiers écoquartiers (européens) ont été le lieu d'expérimentations technologiques (diversité de technologies innovantes sur un même écoquartier), alors qu'aujourd'hui, avec une certaine maturité, on s'oriente vers des technologies plus éprouvées et généralisées à l'ensemble du quartier. Les écoquartiers européens décrits ici sont à des degrés divers des références connues au plan international, pour leur caractère innovant ou l'ambition de leurs objectifs ou la qualité de leur gouvernance. Les écoquartiers français correspondent à des réalisations plus standardisées où la prise de risque technologique est probablement moins importante (mais pas totalement absente dans certains cas), parce que moins nécessaire. Après une première période d'expérimentation axée sur la diversité technologique (au cours des années 90), les écoquartiers semblent entrer dans une seconde phase de standardisation technologique qui accompagne l'élargissement de leur diffusion et leur relative banalisation (qui n'exclut pas des domaines d'innovation avec les smart grids par exemple).

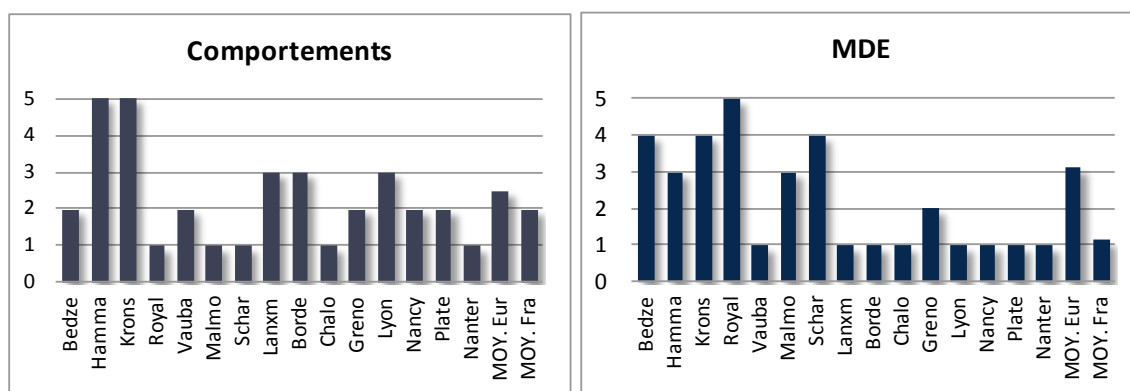
Comportements et maîtrise des consommations d'électricité

Pour finir on examinera deux critères qui s'intéressent à des degrés divers aux comportements des résidents. Le premier identifie les projets qui prennent en compte la variable comportementale (information, campagnes de sensibilisation, incitations au changement des comportements des habitants) et le second les actions spécifiques orientées vers la maîtrise des consommations d'électricité (MDE).

Pour le premier, on observe qu'à deux exceptions près (Bedzed et Hammarby), la variable comportementale n'est pas considérée comme un levier d'action majeur. Il n'y a sur ce plan pas de différence notable entre les écoquartiers français et européens. Pour la MDE en revanche, la différence est plus nette. Les actions de maîtrise des consommations d'électricité sont systématiques ou presque dans les écoquartiers européens, alors qu'elles restent rares dans les écoquartiers français.

Ce résultat confirme une observation faite plus haut : en France, la maîtrise des consommations d'électricité, la production locale ou la transformation du mix électrique apparaissent d'importance secondaire par rapport aux actions portant sur le secteur de la chaleur. En Europe, en revanche, électricité et chaleur ne sont pas traitées de façon différente : maîtrise de la demande et transformation du mix énergétique s'appliquent aux deux secteurs, sans que l'un soit privilégié au détriment de l'autre.

Figure 9 : degré d'incitation au changement de comportement et à la maîtrise de l'électricité



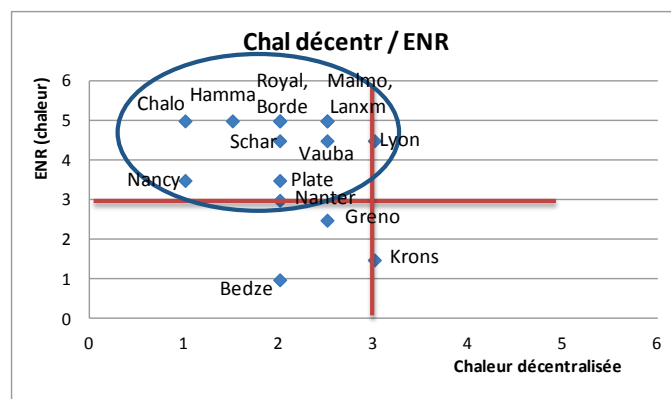
Analyse par croisement des critères

Au-delà de la comparaison des écoquartiers européens et français critère par critère, le croisement de critères par paires apporte des enseignements également pertinents, permettant de représenter des groupes d'écoquartiers ou de pays ayant des positionnements proches ou plutôt en opposition. Tous les croisements tentés n'étant pas significatifs, nous ne présentons ici que les résultats les plus intéressants.

Production et distribution de la chaleur / électricité

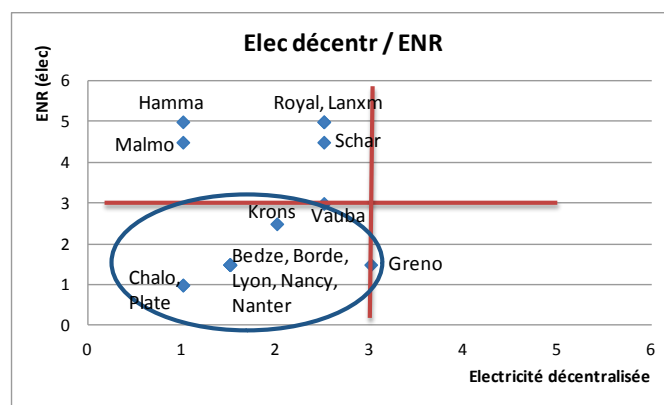
En croisant les critères qui caractérisent le mode de distribution de la chaleur et la nature des sources utilisées, on observe que l'essentiel des écoquartiers est rassemblé dans un quadrant particulier qui correspond à une production de chaleur de type centralisé (extension du réseau de chaleur de la ville ou réseau spécifique à l'écoquartier) couplée à une production d'origine renouvelable (biomasse ou déchets). Quelques écoquartiers se situent dans le quadrant inférieur qui correspond à un mix de production ayant une plus forte proportion de fossiles et des moyens de production peu décentralisés (par exemple Bedzed avec une chaudière gaz à condensation, dédiée à l'écoquartier). Aucun des écoquartiers examinés ne repose principalement sur des moyens de production décentralisés (chaufferie en pied d'immeuble ou moyens de production individuels), qu'ils soient renouvelables ou pas pour la production de chaleur.

Figure 10 : production de chaleur centralisée basée sur les renouvelables



Le diagramme construit avec les mêmes critères pour la production d'électricité produit des résultats proches mais la proportion d'écoquartiers dont l'électricité est produite à partir de sources renouvelables est sensiblement plus faible. L'essentiel des écoquartiers se situe dans le quadrant inférieur qui correspond à des situations de production centralisée (un écoquartier avec un moyen de production de chaleur dédié mais centralisé correspond à la note 2) couplée à une production où dominent les sources non renouvelables. Quelques écoquartiers sont cependant alimentés en électricité renouvelable, soit par le réseau soit par une production dédiée à l'échelle du quartier (éolien, déchets, photovoltaïque, etc).

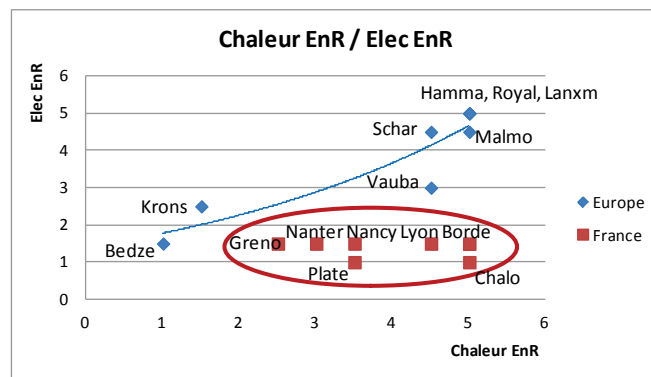
Figure 11 : production d'électricité centralisée surtout basée sur les énergies non renouvelables



Le rapprochement des critères de production d'origine renouvelable de chaleur, d'une part, et d'électricité, de l'autre, révèle à nouveau une nette séparation entre écoquartiers français et européens. A l'exception de Kronsberg et Bedzed, les écoquartiers européens produisent au moins en partie électricité et chaleur à partir de sources renouvelables. En France, la production de chaleur fait appel à des sources renouvelables mais très peu l'électricité.

Le graphique ci-dessous se présente différemment des précédents : il permet de mettre à jour, d'un côté une courbe de corrélation positive pour les écoquartiers européens entre la part des énergies renouvelables pour la production de chaleur et celle pour la production d'électricité (courbe et points bleus), de l'autre la position singulière des écoquartiers français (en rouge) : quelle que soit la proportion d'énergies renouvelables pour la production de chaleur, le niveau de recours à ces sources pour la production d'électricité est faible.

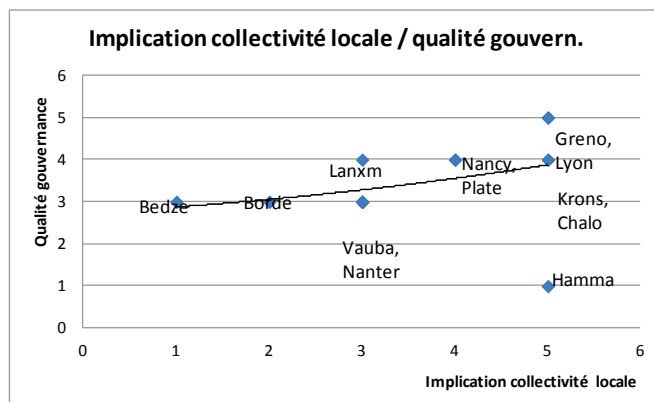
Figure 12 : degré de corrélation entre la part des énergies renouvelables dans la production de chaleur et celle de l'électricité



Acteurs et gouvernance

Au niveau des acteurs, la qualité de la gouvernance du projet dépend du degré d'implication de la collectivité locale dans le projet. Ainsi quand la collectivité est l'acteur majeur, la qualité de la gouvernance est élevée (hormis Hammarby) ; elle tend à diminuer dans le cas inverse. Comme indiqué précédemment, ce constat mérite d'être interprété avec prudence, dans la mesure où les références bibliographiques utilisées proviennent souvent des collectivités elles-mêmes.

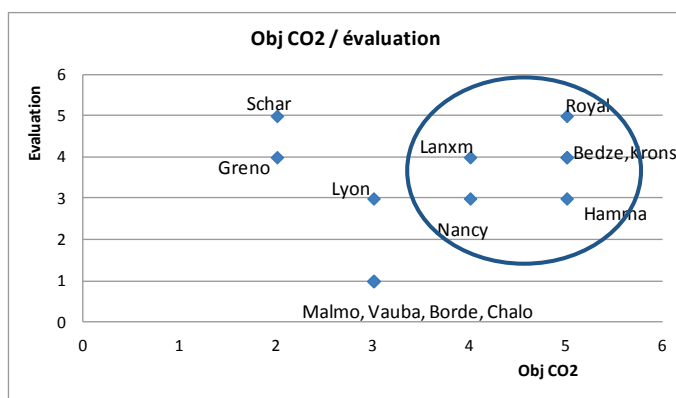
Figure 13 : degré d'implication de la collectivité locale et qualité de la gouvernance



Evaluation des objectifs fixés

Le croisement des critères « ambition des objectifs CO2 » et « existence d'une évaluation ex-post » montre que la définition d'objectifs ambitieux en matière de CO2 va généralement de pair avec l'existence d'un dispositif d'évaluation de ces objectifs et de l'efficacité énergétique atteinte.

Figure 14 : ambition des objectifs CO2 et évaluation ex-post



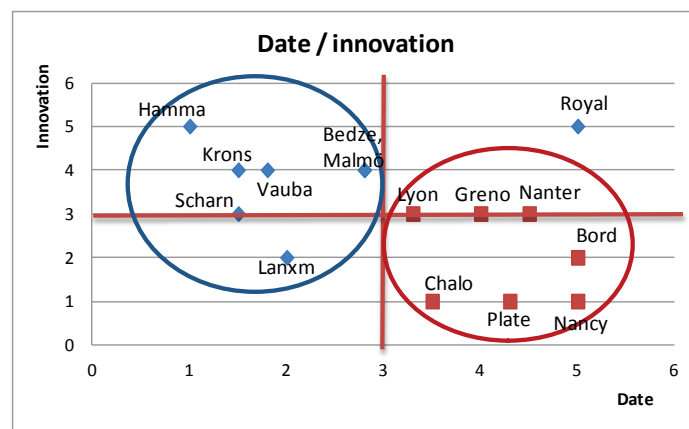
Innovation

Le diagramme qui couple innovation et période de construction de l'écoquartier fait apparaître un résultat assez frappant ; à l'exception de Royal Seaport, tous les écoquartiers sont rassemblés dans deux quadrants opposés : dans le premier, en haut à gauche, se retrouvent les écoquartiers

européens, plus anciens et innovants alors que, dans le quadrant inférieur droit, sont rassemblés les écoquartiers français plus récents et utilisant des technologies éprouvées.

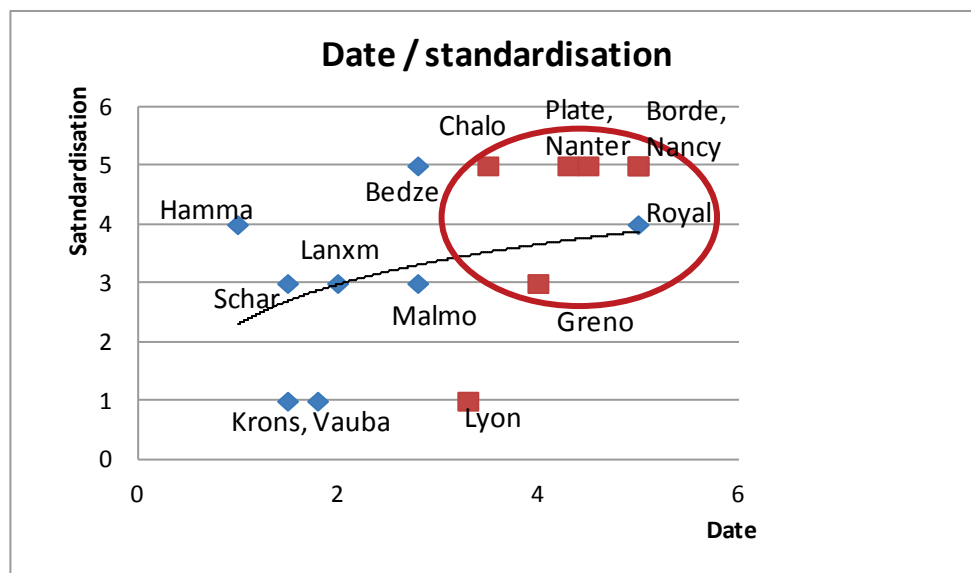
Comme suggéré plus haut, les premiers écoquartiers ont expérimenté de nouvelles technologies innovantes à l'époque alors que les écoquartiers récents ont tendance à s'appuyer sur des technologies aujourd'hui plus matures. Les écoquartiers français, tous relativement récents, se retrouvent dans cette dernière catégorie.

Figure 15 : date de l'écoquartier et degré d'innovation des systèmes énergétiques



De même le rapprochement des critères date et standardisation montre que les écoquartiers les plus récents utilisent un nombre plus limité de technologies là où les premiers écoquartiers présentaient une diversité importante (expérimentation).

Figure 16 : date de l'écoquartier et degré de standardisation des technologies énergétiques



Synthèse et conclusion

Avant de tirer quelques enseignements de ces résultats, il est important de souligner les limites inhérentes à notre démarche. Une limite tient à la petite taille de l'échantillon retenu. Avec une quinzaine d'écoquartiers, on est loin d'un échantillon représentatif de la diversité des situations européennes ou simplement des principales options technologiques pour l'approvisionnement énergétique. Par ailleurs, parmi les écoquartiers étudiés, certains sont achevés et fonctionnent depuis longtemps, alors que d'autres sont toujours au stade de la conception ou des premiers travaux. Si les premiers peuvent être analysés avec un certain recul permettant d'apprécier les succès et les échecs, les seconds ne peuvent être jugés que sur des projets, des objectifs, qui seront ou non réalisés. Enfin, l'échantillon choisi peut présenter des biais :

- les écoquartiers français sont plus récents que les écoquartiers européens ; de ce fait les choix technologiques opérés peuvent différer, non pas tant en raison de préférences spécifiques aux écoquartiers français, mais parce que les choix technologiques sur les écoquartiers récents sont différents de ceux opérés sur les écoquartiers des années 90 ;

- la sélectivité sur les écoquartiers européens est forte ; on ne décrit pas ici des réalisations ordinaires mais des projets qui ont été identifiés pour leur intérêt spécifique et ont fait l'objet de rapports, de papiers de recherche, etc. ;
- la nature des sources bibliographiques utilisées peut différer également, entre les écoquartiers européens sur lesquels les sources indépendantes sont plus nombreuses et les écoquartiers français qui n'ont, pour l'instant, encore pas ou peu fait l'objet d'évaluations indépendantes.

Pour ces raisons, si l'exercice permet d'attirer l'attention sur des similitudes et des divergences au sein de l'échantillon, celles-ci mériteraient d'être confirmées par une étude plus approfondie sur un échantillon significatif.

La vision des écoquartiers français qui ressort de cette comparaison est celle de systèmes énergétiques qui s'attachent essentiellement à l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments et à la mise en place de systèmes d'approvisionnement en chaleur performants (réseaux, cogénération, sources renouvelables). En revanche, les écoquartiers français étudiés s'intéressent peu au vecteur électricité ; l'approvisionnement est essentiellement assuré à partir du réseau, alors que les écoquartiers européens cherchent à développer la production locale notamment renouvelable aussi bien pour la chaleur que pour l'électricité. Ce faible intérêt des écoquartiers français pour le vecteur électricité transparaît notamment dans la quasi-absence des actions de MDE alors qu'elles sont très répandues dans les écoquartiers européens pourtant plus anciens.

Il existe probablement plusieurs raisons qui expliquent que les collectivités locales françaises s'intéressent plus à la chaleur qu'à l'électricité. Une des principales raisons est certainement la spécificité du mix électrique français très peu carboné, du fait de la place importante de la production d'origine nucléaire. En conséquence, la production d'électricité à partir de sources renouvelables ou en cogénération n'est, en France, pas la priorité en matière de politique climatique. En revanche, la substitution du charbon ou du gaz pour la production de chaleur par la valorisation de sources telles que l'incinération des déchets, les eaux usées, la cogénération ou les sources

renouvelables (géothermie, biomasse) sont des options souvent mises en œuvre dans les écoquartiers français.

Parallèlement on notera que les technologies utilisées dans les écoquartiers français semblent moins innovantes et sont plus systématiquement généralisées à l'ensemble de l'écoquartier, ce qui montrerait que ceux-ci sont entrés dans une phase de standardisation dans laquelle l'expérimentation passe au second plan. Ainsi les bâtiments BBC ou à énergie positive se développent rapidement sous l'impulsion de la réglementation et les écoquartiers ne semblent pas impulser une dynamique particulière à cet égard.

Pour autant, l'expérimentation technologique n'est pas totalement absente des nouvelles réalisations ou projets français d'écoquartiers ; on voit notamment se développer les smart-grids qui restent aujourd'hui encore au stade des premières réalisations expérimentales in vivo. Mais on ne retrouve pas dans ces projets l'ambition ou la prise de risque qui caractérisaient certains des écoquartiers européens réalisés au cours des années 90. Certes, notre échantillon présente un biais qui juxtapose des réalisations emblématiques à l'échelle européenne avec des projets plus récents mais également plus standardisés et plus conventionnels. Mais on peine à retrouver dans les projets français l'innovation tous azimuts de l'écoquartier Vauban, la démarche participative de Lanxmeer ou la vision systémique de Hammarby.

Bibliographie⁴

ADEME, ENERGIES CITES (2008), *Urbanisme - énergie: les éco-quartiers en Europe*.

BLANCHARD O., BLANCO S., DEBIZET G., JULLIEN C., LA BRANCHE S., LONG X., MENANTEAU P., SCHNEUWLY P., PROST-BOUCLE S. (2012), *Projet de recherche Ecoquartier Nexus Energie : rapport intermédiaire n°1*, septembre.

MEDDTL, Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement (CETE) de Lyon (2010), *Palmarès Ecoquartiers 2009*.

DECIDER ENSEMBLE, (2011), *Ecoquartiers: la concertation au service de l'action. Pratiques françaises et européennes pour l'élaboration de projets partagés*, Paris, Décider ensemble.

⁴ Une riche bibliographie est disponible dans le rapport intermédiaire du contrat de recherche « Ecoquartier Nexus Energie »

SOUAMI, T. (2011). *Ecoquartiers secrets de fabrication. Analyse critique d'exemples européens*, Collection «Modes de ville» (Les Carnets de l'Info.).

YEPEZ-SALMON, G. (2011). *Construction d'un outil d'évaluation environnementale des écoquartiers : vers une méthode systémique de mise en oeuvre de la ville durable*, Université Bordeaux 1, doctorat en sciences et techniques architecturales.

Biographie des auteurs :

Odile Blanchard est maître de conférences en économie à l'université Pierre Mendès-France et chercheuse au sein du pôle EDDEN du laboratoire CNRS PACTE. Après avoir mené des recherches sur l'analyse des politiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre dans le contexte des négociations climatiques internationales, elle se focalise désormais sur les questions d'efficacité énergétique et de comportement individuel face à la maîtrise de l'énergie.

Philippe Menanteau est ingénieur de recherche CNRS au sein du pôle EDDEN du laboratoire CNRS PACTE. Son activité de recherche concerne le changement technique dans le secteur de l'énergie et l'analyse des politiques et mesures destinées à accélérer la diffusion des nouvelles technologies de l'énergie.

Index indicatif :

Ecoquartier

Système énergétique

Innovation technologique

Gouvernance

Acteurs

Annexe 1 : quantification des 24 critères pour les écoquartiers étudiés

		Bedze	Hamma	Krons	Royal	Vauba	Malmo	Schar	Lanxm	Borde	Chalo	Greno	Lyon	Nancy	Plate	Nanter	MOY. Eur	MOY. Fra
Caractéristiques																		
1	Date début	2,8	1	1,5	5	1,8	2,8	1,5	2	5	3,5	4	3,3	5	4,3	4,5	2,3	4,2
2	Taille	1	2,8	1,6	3,1	1,3	1,2	2,3	1,2	1,3	1	1,1	2,4	1,1	5	1	1,8	1,8
3	Densité	2,8	2,5	3,7	2,5	2,7	2,4	2,8	1	3,4	2,1	4,3	2,2	3,1	1,1	5	2,6	3,0
4	Niveaux	1	3,2	1,1	3,8	2	2	2,6	1,4	3,2	1,7	3,2	5	1,6	3,8	2,6	2,1	3,0
5	Nature	5	4,5	4	4	2	4	4	5	5	5	4	4	3	2	4	4,1	3,9
Offre d'énergie																		
6	Chaleur : décentralisé	2	1,5	3	2	2,5	2,5	2	2,5	2	1	2,5	3	1	2	2	2,3	1,9
7	Chaleur : autonomie (production)	5	3	5	5	5	5	5	5	5	1	3	5	1	5	5	4,8	3,6
8	Chaleur : autonomie (source)	1	3	1,5	5	1	5	1	5	1	1	1,5	1,5	1	1	3	2,8	1,4
9	Chaleur : EnR	1	5	1,5	5	4,5	5	4,5	5	5	5	2,5	4,5	3,5	3,5	3	3,9	3,9
10	Electricité : décentralisé	1,5	1	2	2,5	2,5	1	2,5	2,5	1,5	1	3	1,5	1,5	1	1,5	1,9	1,6
11	Electricité : autonomie	1,5	1	5	5	3,5	1	4,5	5	1,5	1	3	1,5	1,5	1	1,5	3,3	1,6
12	Electricité : autonomie (source)	1,5	1	2,5	5	1,5	1	2,5	5	1,5	1	1,5	1,5	1,5	1	1,5	2,5	1,4
13	Electricité : EnR	1,5	5	2,5	5	3	4,5	4,5	5	1,5	1	1,5	1,5	1,5	1	1,5	3,9	1,4
Gouvernance																		
14	Implication collectivité locale	1	5	5	3	3	3	3	3	2	5	5	5	4	4	3	3,3	4,0
15	Participation résidents conception	1	1	2	1	5	4	1	5	3	1	3	4	3	3	1	2,5	2,6
16	Qualité gouvernance	3	1	4	3	3	3	3	4	3	4	5	5	4	4	3	3,0	4,0
Objectifs																		
17	Objectifs CO2/EnR	5	5	5	5	3	3	2	4	3	3	2	3	4	3	3	4,0	3,0
18	Objectifs énergie	5	3	5	3	4	3	3	2	1	1	3	3	1	1		3,5	1,7
19	Evaluation	4	3	4	5	1	1	5	4	1	1	4	3	3			3,4	2,4
Options techniques																		
20	Bioclimatisme	5	1	5	2	3	2	2	3	3	4	3	5	3	1		2,9	3,2
21	Innovation	4	5	4	5	4	4	3	2	2	1	3	3	1	1	3	3,9	2,0
22	Standardisation	5	4	1	4	1	3	3	3	5	5	3	1	5	5	5	3,0	4,1
23	Comportements	4	2	5	3	2	1	1	3	3	1	2	3	2	2	1	2,6	2,0
24	MDE	4	3	4	5	1	3	4	1	1	1	2	1	1	1	1	3,1	1,1

Annexe 2 : schéma des principaux acteurs de l'écoquartier Kronsberg à Hanovre

